

ВЛИЯНИЕ ИПД НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1545К

Бабич Е.А.

Руководитель - к.т.н. Могучева А.А.

НИУ БелГУ, г. Белгород, Россия

babich_eval@mail.ru

Алюминиевые сплавы системы Al-Mg нашли широкое применение в качестве материала для сварных конструкций, работающих при криогенных температурах благодаря хорошей комбинации обрабатываемости, пластичности и коррозионной стойкости [1-4]. Среди алюминиевых сплавов системы Al-Mg-Sc, существует сплав Al-4.7%Mg-0.2%Sc-0.09%Zr, маркированный в России, как алюминиевый сплав 1545K, используемый для изготовления плит и листов в отожженном состоянии. Алюминиевый сплав 1545K показывает хорошую свариваемость [4]. Однако на сегодняшний день практически нет данных по влиянию интенсивной пластической деформации (ИПД) на структуру и свойства алюминиевого сплава 1545K, несмотря на то, что сплав показывает сравнительно высокую вязкость, что способствует получению листов путем прокатки. Целью данной работы является изучить влияние изотермической прокатки на механические свойства алюминиевого сплава 1545K. Интенсивную пластическую деформацию осуществляли посредством изотермической прокатки при температуре 300°C до степеней обжатия ~20, 50, 70 и 90%.

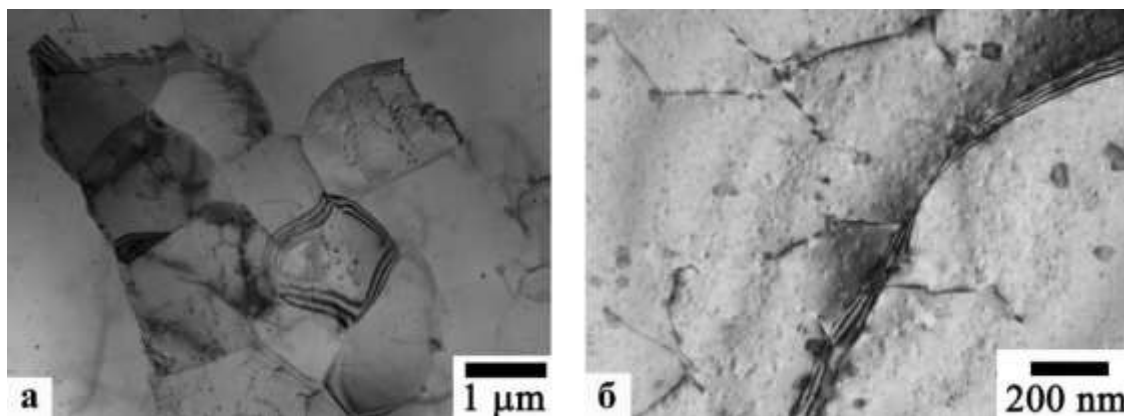


Рисунок 1 - Микроструктура исходного состояния сплава 1545K

Исходная микроструктура алюминиевого сплава 1545K, представленная на рисунке 1, характеризуется сильной неоднородностью. Микроструктура состоит из крупных вытянутых зерен со средним размером 250 мкм в продольном и 23 мкм в поперечном направлениях. Размер кристаллитов в исходном состоянии составляет ~ 1 мкм. В приграничных областях крупных зерен расположены скопления мелких

рекристаллизованных зерен, объемная доля которых не превышает 1%. Плотность дислокаций в теле зерна составляет $\sim 9,8 \times 10^{12} \text{ м}^{-2}$. Внутри зерен равномерно распределены когерентно дисперсные частицы $\text{Al}_3(\text{Sc}, \text{Zr})$ равноосной формы со средним размером $\sim 20 \text{ нм}$.

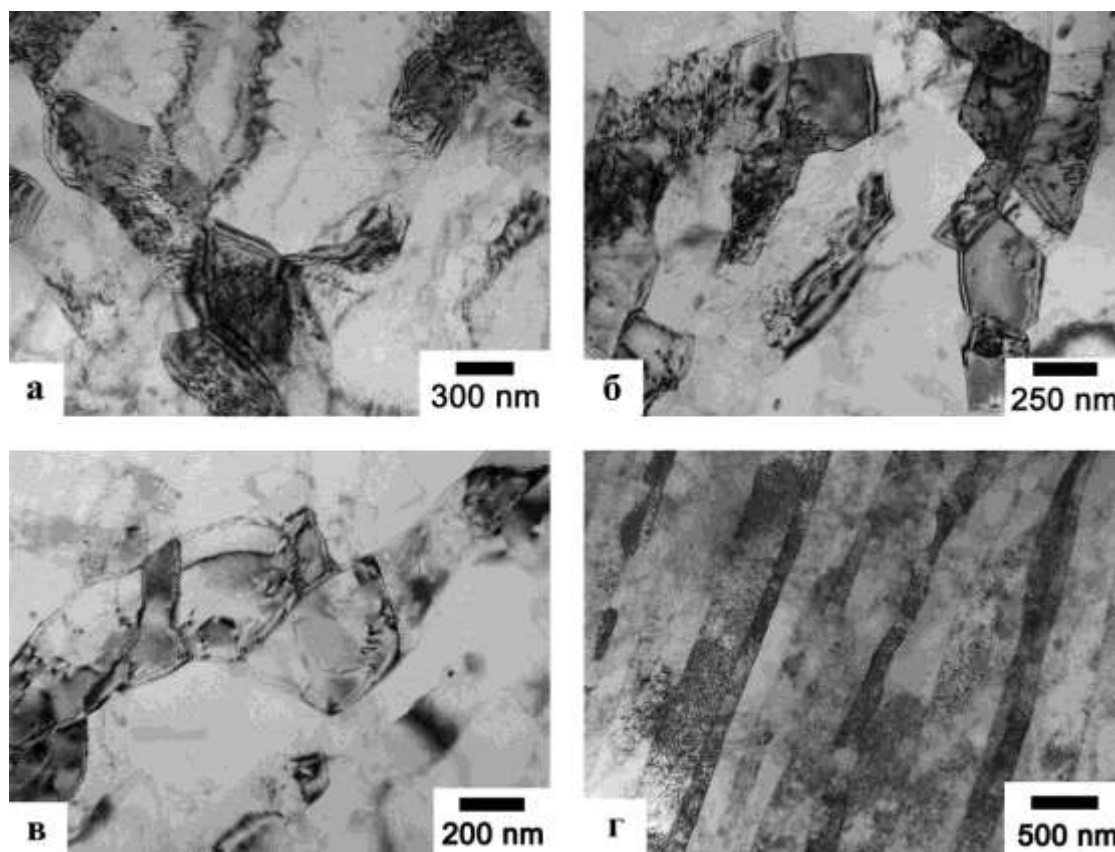


Рисунок 2 - Микроструктура сплава 1545К после изотермической прокатки при $T=300^\circ\text{C}$ до степени обжатия а) 20%; б) 50%; в) 70%; г) 90%

При прокатке форма зерна металла изменяется в соответствии с общей схемой деформации; они вытягиваются в направлении прокатки и уменьшают свои размеры по высоте (сжимаются). Металл получает волокнистое строение. На рисунке 2 изображена микроструктура сплава 1545К после изотермической прокатки при температуре 300°C до степени обжатия $\sim 20, 50, 70, 90\%$. Изотермическая прокатка сплава 1545К приводит к вытягиванию зерен вдоль направления деформации. После прокатки до степени обжатия $\sim 20\%$ средний размер кристаллитов составил $\sim 560 \text{ нм}$ (рисунок 2а). При последующей деформации до степеней обжатия $\sim 50\%$ и 70% происходит удлинение зерен вдоль и сужение поперек направления прокатки (рисунок 2б, в). В результате деформации до степени обжатия $\sim 90\%$ размер кристаллитов увеличивается в продольном и уменьшается до 160 нм в поперечном направлении. Плотность дислокаций увеличивается до $4 \times 10^{14} \text{ м}^{-2}$. В целом, прокатка значительно повышает долю высокоугловых границ.

Таблица 1- Механические свойства сплава 1545К

Состояние	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
Исходное	260	395	17,0
ИП 20%	275/255	395/375	15,5/17,0
ИП 50%	270/255	375/370	16,5/16,0
ИП 70%	280/270	385/370	15,0/19,0
ИП 90%	335/355	425/420	9,7/14,5
* продольное / поперечное направление прокатки			

В таблице 1 представлены механические свойства образцов сплава 1545К в исходном и прокатанном состояниях. Механические испытания сплава, проведенные при комнатной температуре, показали, что прокатанные образцы демонстрируют увеличение, как прочности, так и пластичности. Увеличение степени обжатия до ~ 90% приводит к росту значений предела текучести (335 МПа) и предела прочности (425 МПа), при относительном удлинении ~ 9,7%. Необходимо отметить изотропию механических свойств. Разница между механическими свойствами образцов, нарезанных вдоль и поперек направления изотермической прокатки, является незначительной и уменьшается с увеличением степени обжатия с 20% до 90%.

ВЫВОДЫ

1. Структурные изменения сплава 1545К после изотермической прокатки до степеней обжатия с 20% до 90% характеризуются удлинением исходных зерен вдоль направления прокатки и образованием деформационных полос.

2. После изотермической прокатки увеличиваются прочностные характеристики сплава 1545К. Увеличение степени обжатия с 20% до ~90% приводит к увеличению предела текучести на 60 МПа и предела прочности 30 МПа, в то время как относительное удлинение незначительно уменьшается.

3. Рост механических свойств сплава 1545К связан с увеличением плотности решеточных дислокаций и уменьшением размера зерна поперек направления прокатки.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП НИУ «БелГУ» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт № 02.740.11.0510.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Kannan, C.H. Johnson, and C.H. Hamilton, "A Study of Superplasticity in a Modified 5083 Al-Mg-Mn Alloy" MMT, 29A (1998) 1211-1220
2. R. Kaibyshev, F. Musin, D.R. Lesuer, T.G. Nieh, "Superplastic behavior of an Al /Mg alloy at elevated temperatures", MSE A342 (2003) 169-177.
3. T. Hirata, T. Oguri, H. Hagino, T. Tanaka, S. W. Chung, Y. Takigawa, K. Higashi, "Influence of friction stir welding parameters on grain size and formability in 5083 aluminum alloy" MSE A456 (2007) 344-349.
4. Yu.A. Filatov, V.I. Yelagin, V.V. Zakharov, "New Al-Mg-Sc alloys" Mater Sci Eng, 280A (2000), 97-101.